

Diplomová práce

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

SPORTOVNÍ HALA S ADMINISTRATIVNÍ VESTAVBOU

(SPORT HALL WITH THE ADMINISTRATIVE PART)

Student:

Bc. Radim Tomáš

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Rosmanit Ph.D.

Ostrava 2011

Diplomová práce

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Diplomová práce

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje

zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

-beru na vědomí, že VŠB – TUO má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3 zákona č. 121/2000 Sb.)

-souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB- TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

-bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

-bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

-beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb, O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Diplomová práce

Abstrakt:

V této době, kdy každý člověk je ve spěchu a stresu, je potřebné strávit nějaký čas ve sportovních centrech. Má diplomová práce pojednává o návrhu sportovní haly. Přesněji se jedná o multifunkční sportovní halu, kde je možné hrát malý fotbal, házenou, tenis, volejbal, badminton a další „malé“ sporty. Výška haly je konstruována podle pravidel jednotlivých sportů. Uvnitř haly se kromě hrací plochy nachází také tribuna a vestavba, ve které jsou umístěny sociální a hygienické prostory, nářadovna a technologická místnost pro vzduchotechniku a ohřev vody. Na střeše vestavby se nachází menší plocha s pingpongovými stoly.

Z konstrukčního hlediska se jedná o eliptickou příhradovou konstrukci. Mým cílem je navrhnout ocelové konstrukce jako jsou jednotlivé části příhradového vazníku, připoje ocelové konstrukce do základových patek kotevními šrouby a nakonec musí všechny části konstrukce odolat zatížení vyvolaným různorodým působením. Nosná konstrukce vestavby je také ocelová.

Chci také ukázat krásu ocelových konstrukcí bez jakýchkoliv podhledů.

Abstract:

Currently, when everybody is in a hurry, it is necessary to spend some time in sports centres. The aim of this thesis is to design a sports hall. Precisely, it is a multifunction sports hall where football, handball, tennis, volleyball, badminton and other sports could be played. For these sports height of the hall reflects the individual sports requirements. Inside the hall, besides the pitch, there are a tribune and a building – in space. In the building – in space there are changing rooms, toilets, bathroom, a tool room and room with air – condition technology and technology for water heating. On the top of building – in space there is a small area with table tennis tables.

From the construction point of view, it is an elliptical trusses structure. My aim is to design steels structures such as a parts of truss purlin, joints of steel structures with a foundations by anchor bolts. Finally, everything must be resistant to varied load and activity. The skeleton of the building – in structure is a steel structure to.

I would like to show the beauty of steel constructions without any ceilings.

Obsah

1. Úvod	1
2. Teoretický rozbor konstrukcí hal vhodných pro sport	2
2.1. Haly – obecně	2
2.2. Haly velkých rozpětí	3
2.3. Konstrukce z tuhých prvků	4
2.4. Prostorové konstrukce	5
2.4.1. Válcové klenby a skořepiny	5
2.5. Skladba konstrukce	6
2.6. Prostorová tuhost konstrukce haly	6
2.6.1. Střešní rovina	7
2.6.2. Příčný směr haly	7
2.6.3. Podélný směr haly	9
3. Dispoziční řešení haly	10
3.1. Půdorysné rozměry hřišť jednotlivých sportů	10
3.2. Výškové požadavky na rozměry hřišť jednotlivých sportů	11
3.3. Vestavba	12
4. Statický výpočet	13
4.1. Výpočet zatížení	13
4.1.1. Stálé zatížení	13
4.1.2. Užitné zatížení	14
4.1.3. Zatížení sněhem	14
4.1.4. Zatížení větrem	15
4.2. Posouzení trapézového plechu	18
4.3. Návrh a posouzení vaznice	19
4.4. Posouzení prutů příhradového oblouku	22

Diplomová práce

4.4.1.	Posouzení prutů příhradového obloukového nosníku na TAH	24
4.4.2.	Posouzení prutů příhradového nosníku na TLAK.....	27
4.5.	Montážní styk dělených prutů	30
4.6.	Návrh patního plechu.....	43
4.7.	Posouzení kotev	45
4.8.	Posouzení přípojů diagonály	46
4.9.	Posouzení pásů na smyk a prolomení.....	47
4.10.	Přípoj vaznice	48
4.11.	Návrh sloupku štítové stěny	49
4.12.	Příčné střešní ztužidlo.....	50
4.13.	Podélné ztužení.....	52
5.	Závěr.....	54
6.	Seznam použitých pramenů	55
7.	Seznam obrázků	56
8.	Seznam příloh.....	57
9.	Seznam výkresové části	58

1. Úvod

Pro stále více se zvyšující nároky obyvatel velkých měst, jejich předměstí, ale také malých měst nebo obcí je třeba čím dál tím víc dbát na nové výstavbě center pro sport a rekreaci. Také zvyšující se počet lidí ve městech a tím způsobený nedostatek těchto sportovních zařízení nás tímto problémem staví do situace, kterou musíme okamžitě řešit. Samozřejmě musím zde zmínit i nový - zlý fenomén doby, čímž je obezita, která způsobuje řadu zdravotních problémů, a nutí nás, abychom se k tomuto problému postavili čelem a snažili se obyvatelé vést cestou sportu, rekreace a jakéhokoliv odpočinku od zažitého způsobu života této doby. Jak všichni víme, sport napomáhá očistě těla a člověku poskytne bezmyšlenkové chvíle a pocit volnosti. Nejen tyto aspekty mě vedly k tomu, abych si vybral téma zabývající se návrhem sportovní haly.

Při trochu odbornějším pohledu nás může zaujmout také fakt, že stavby, a to nejen sportovních zařízení, bývají mnohem modernější a nabízejí větší komfort. Velkorozponové haly, kdy z jednoho konce na druhý nás dělí úctyhodných 200 metrů nebo bohatá variabilita tvarů, které tvoří například obloukové, visuté nebo zavěšené konstrukce, jsou jen jedny z mála překrásných věcí, které nás nutí tyto konstrukce realizovat.

Proto věřme, že výstavba center určených pro sport a rekreaci nebude nijak upadat a v dalších letech budou na tento problém kladeny stále vyšší a vyšší nároky.

2. Teoretický rozbor konstrukcí hal vhodných pro sport

2.1. Haly – obecně

Halové stavby jsou budovy o jednom podlaží. Jejich účelem je:

- ochrana před povětrnostními vlivy;
- zajištění provozu uvnitř haly.

Haly jsou budovány pro průmyslové nebo zemědělské provozy, skladiště, garáže, opravny, laboratoře, obchod, sport a další účely. Nosná konstrukce přejímá účinky vlastní hmotnosti a účinky zatížení působících obvykle na střešní a stěnové opláštění, dále účinky zatížení (zejména jeřábů) a dalších zařízení hal (např. instalací, osvětlení apod.). V části půdorysu hal často jsou i vestavěná administrativní podlaží.

Materiál nosné konstrukce hal výrazným způsobem ovlivňuje náklady na jejich pořízení. Efektivně vycházejí v závislosti na rozpětí zpravidla:

$L < 12 \text{ m}$	dřevo (zděné stěny a dřevěná střecha)
$L = 12\text{-}18 \text{ m}$	dřevo, ocel, beton
$L > 18 \text{ m}$	ocel.

Z hlediska celkové ekonomie (se zahrnutím nákladů na stavbu, s uvažováním rychlosti výstavby a dopadů na ekologii, atd.) mají ve vyspělých zemích ocelové haly přednost. U hal větších rozměrů a více zatížených dominuje pevnost oceli. I u menších objektů se ale uplatní zejména rychlost výstavby. Obecnou výhodou je možnost snadné rekonstrukce při změnách provozní technologie a návratnost materiálu po dožití objektu.

Návrh haly musí splňovat požadavky na trvanlivost a je tudíž nutné zabezpečit povrchovou ochranu konstrukce z hlediska koroze. U většiny halových objektů je provoz takový, že nebezpečí koroze je malé a povrchová ochrana je minimální, někdy se navrhuje spíše s ohledem na vzhled. I z hlediska požárů je ochrana ocelové konstrukce obvykle nenáročná, protože evakuace objektu je velmi rychlá.

Konstrukční systém hal ve velké míře závisí na jejich rozpětí, neboť výška hal je obdobná. Pro konstrukci je rozhodující způsob přenesení zatížení působícího svisle nebo kolmo na

střešní povrch. Pro velká rozpětí se obvykle používají speciální systémy (velkorozponové nosníky, zavěšené a visuté konstrukce, využívá se prostorového chování konstrukce atd.), zatímco pro běžná rozpětí (cca do 30 m) se obvykle vystačí s plnostěnnou nebo příhradovou rovinnou konstrukcí. [1]

2.2. Haly velkých rozpětí

Haly velkých rozpětí mají rozmanitý účel a jsou charakterizovány zastřešením rozsáhlých ploch bez rušivého vlivu mezilehlých podpor. Uplatňují se jako sportovní stavby, haly a krytá prostranství pro výstavní účely, společenská a kulturní centra, velké garáže apod.

Hlavní funkcí nosné konstrukce objektů velkého rozpětí je vytvoření podpor pro střešní a případně stěnový plášť, který chrání prostor objektu před klimatickými vlivy. S růstem rozpětí se rozhodujícím stává návrh střešní konstrukce přenášející příslušná zatížení působící ve vertikálním směru (hmotnost konstrukcí, sníh) nebo ve směru normály ke střešní ploše (vítr). Způsob jejich přenesení určuje základní charakteristiku celého konstrukčního systému. Naopak zachycení horizontálního zatížení lze zajistit běžnými způsoby.

Konstrukční systémy nacházející uplatnění u hal velkých rozpětí jsou velice rozmanité. Při pokusu o jejich třídění lze uplatnit různá hlediska (statický systém, konstrukční provedení, tvar střešní plochy, tvar půdorysu apod.), jednotná typologie ale neexistuje. [1]

Rozdělení dle statického působení hlavních částí nosné konstrukce:

- Konstrukce z tuhých prvků
- Zavěšené konstrukce
- Visuté konstrukce
- Pneumatické konstrukce kotvené lany

Spotřeba materiálu:

- Plnostěnný nosník
- Příhradový nosník
- Oblouk
- Rám
- Zavěšený nosník
- Visuté konstrukce



Nároky na opěry:

- Plnostěnný nosník
- Příhradový nosník
- Oblouk
- Rám
- Zavěšený nosník
- Visuté konstrukce



2.3. Konstrukce z tuhých prvků

- plnostěnný nosník;
- příhradový nosník;
- oblouky;
- rámy.

Plnostěnný nosník

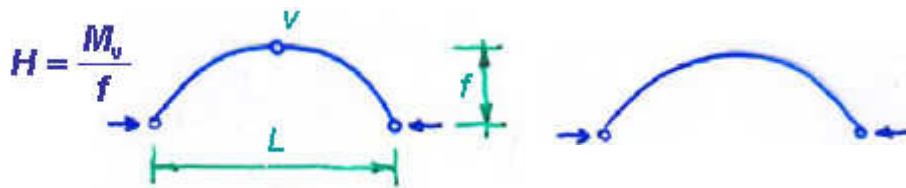
Nevýhody: těžký

Příhradový nosník

Nevýhody: velká výška (až $L/10$), stabilita tlačného pásu

Oblouky

Nevýhody: zakřivení působí potíže krytině

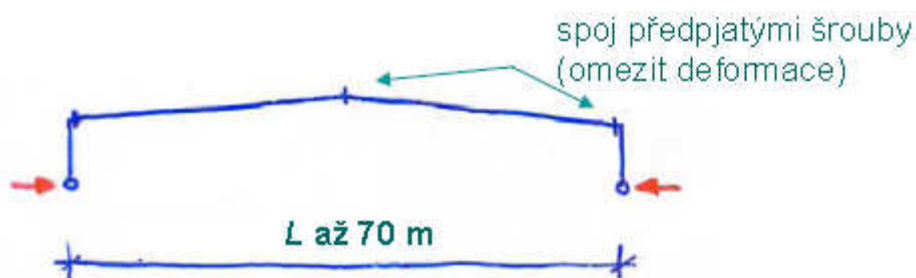


Obr. 1 - Statika oblouku [6]

Dvojklobová vs. Trojklobová obloukový rámová konstrukce:

- dvojklobový
 - vliv stlačení střednice (= menší vodorovné síly H)
 - citlivý na pokles podpor a teplotu
 - vhodné je vložit táhla do podlahy

Rámy



Obr. 2 - Rovinná soustava – rámová [6]

2.4.Prostorové konstrukce

2.4.1. Válcové klenby a skořepiny

- plnostěnné – obvykle ortotropní (s výztuhami) pro lokální tuhost
- příhradové – jednovrstvé, dvouvrstvé

Statické řešení (viz. [2])

- Pevnostní:
 - ohybová teorie – výsledkem je 6 složek vnitřních sil
 - membránová teorie – výsledkem jsou 3 normálové síly

- Stabilní („prolomení skořepiny“):
 - globální ztráta stability
 - lokální ztráta stability

2.5. Skladba konstrukce

Hlavními částmi konstrukce haly jsou:

- střešní konstrukce,
- příčné vazby (sloupy a vazníky, rámy, štítové stěny),
- podélné ztužení stěn haly
- konstrukce obvodových stěn

Střešní konstrukce se sestává ze střešního pláště, vaznic, vazníků, průvlaků a celé řady ztužidel, která zabezpečují její prostorovou tuhost.

Základním nosným systémem haly jsou *příčné vazby* tvořené rámovou konstrukcí nebo sloupy se střešními vazníky. Štítové stěny se před příčnou vazbu zpravidla předsazují. Tuhost haly v příčném směru je tedy zabezpečena tuhostí samotných příčných vazeb.

Tuhost haly v podélném směru zajišťuje vertikální ztužení (tzv. větrové ztužidlo) stěn haly.

Konstrukce *obvodových stěn* se obvykle skládá ze silikátového nebo kovoplastického pláště, vodorovných podpůrných paždíků (plášť a paždíky může nahradit samonosný plášť z panelů nebo kazet) a sloupků. Další prvky lemují okna a vrata (překlady, pomocné sloupky) a ve zvláštních případech může mít konstrukce stěny vlastní diagonální ztužení (např. předsazená štítová stěna). [1]

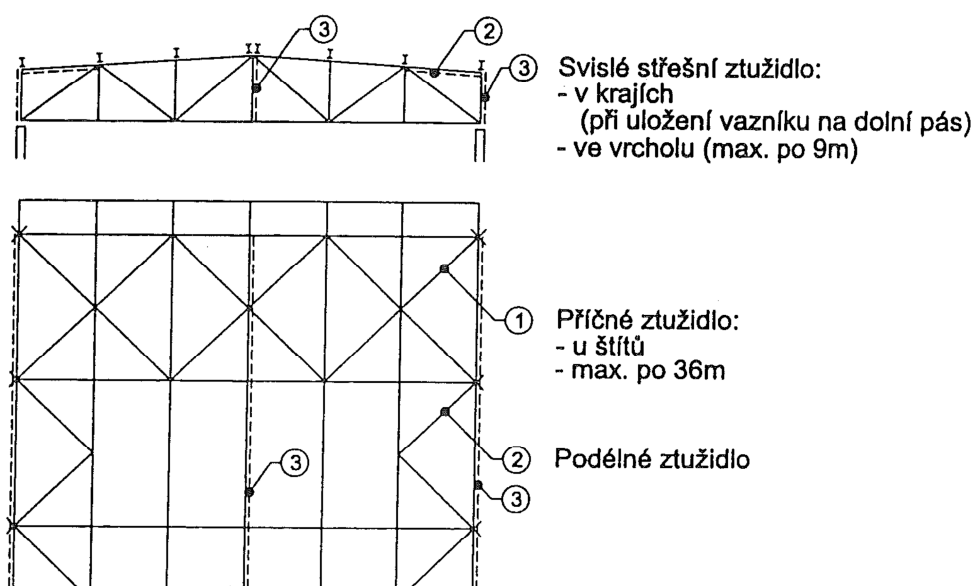
2.6. Prostorová tuhost konstrukce haly

K zajištění prostorové tuhosti haly je nutné sledovat střešní rovinu, příčný směr a podélný směr haly. [1]

2.6.1. Střešní rovina

Střešní rovina se rozumí v tomto případě celá výška nosné střešní konstrukce. K zajištění její prostorové tuhosti se navrhuje:

- příčná ztužidla;
- podélná ztužidla;
- svislá ztužidla střechy;
- ztužidla v rovině dolních pásů vazníků a rámových příčlí (jsou-li dolní pásy v tlaku);
- táhla nebo vzpěry mezi vaznice



Obr. 3 - Schéma umístění ztužidel ve střeše

2.6.2. Příčný směr haly

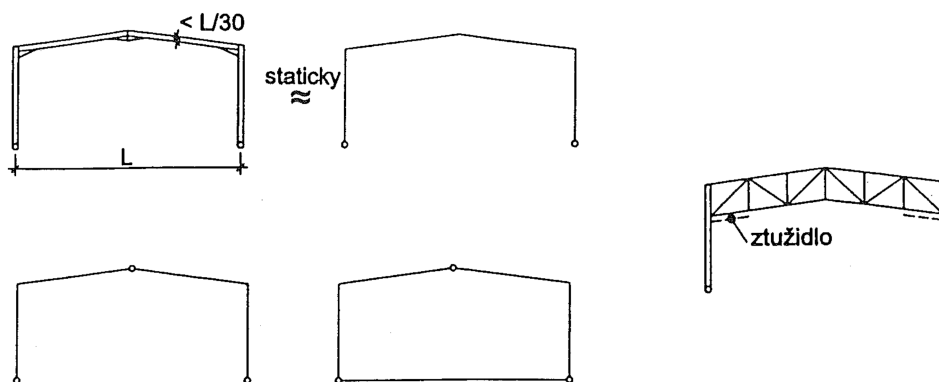
Podle způsobu uložení příčle lze rozlišit vazby s kloubově uloženou příčlí a haly rámové.

Vazby s kloubově uloženou příčlí mohou mít vazník (příčli) uložený na vetknuté sloupy. Protože vetknutí sloupů vyžaduje mohutné základové patky, lze jeden sloup vetknout a druhý uložit kloubově. Vetknutý sloup přebírá veškeré vodorovné účinky zatížení a založení kloubově uloženého sloupu je nenáročné, s malou základovou patkou. Příčnou vazbu lze navrhnout i tvarově neurčitou. Tato vazba ale není schopna přenést vodorovné účinky zatížení a vyžaduje podepření zvláštním nosníkem ve střešní rovině, přenášejícím tyto účinky do štítových stěn. U vícelodních hal lze obdobně navrhnout nejružnější kombinace vetknutých a kloubově uložených sloupů a ovlivnit tak rozměry sloupů i základů.

Vazby s rámovou příčlím se navrhují nejčastěji s příclí plnostěnnou. Staticky jde vesměs o dvojkloubové rámy, které jsou optimální pro obvyklá rozpětí do $L = 40$ m. Jejich výhodou jsou malé základy a estetický vzhled, nevýhodou je citlivost na poklesy podpor a účinky rozdílu teplot.

Rámy s vetknutými sloupy se volí tam, kde je požadována velká tuhost v příčném směru (vysoké haly, haly s těžkými jeřáby). Nevýhody uvedené u dvojkloubových rámu jsou ještě znatelnější. Staticky určité rámy se třemi klouby jsou příčně měkké, ale nejsou citlivé na poklesy podpor, přičemž vzniklé deformace lze dobře rektifikovat a jsou tedy vhodné např. do poddolovaného území.

Rámy s příhradovou příclí jsou vhodné pro velká rozpětí. Pokud je sloup plnostěnný, má obvykle menší tuhost než příčle a oslabuje tak rámový účinek konstrukce. Dolní pás příčle je v rámovém rohu namáhán tlakem a musí se posoudit na vzpěr (k zamezení vybočení z roviny rámu se zde pro tento účel obvykle vkládá vodorovné příhradové ztužidlo).[1]



Obr. 4 - Příklady rámových příčných vazeb

2.6.3. Podélný směr haly

V podélném směru se sloupy hal téměř vždy uloží na základ kloubově. Kotvení v podélném směru přebírá momenty a tuhost sloupů se volí malá. Vodorovné účinky proto přenáší v každém dilatačním celku svislé ztužidlo.

U hal běžných délek se obvykle navrhuje jedno svislé ztužidlo uprostřed délky haly, umožňující volnou dilataci stěn ke koncům haly. Toto řešení ovšem vyžaduje přenos reakcí příčných větrových nosníků střechy prostřednictvím krajního prvku do místa svislého ztužidla. Lze proto navrhnout i řešení se svislými ztužidly stěn v místech příčných ztužidel střechy (obvykle mezi prvními vazbami u štítů) a převést tak tyto reakce přímo do základů.

[1]

3. Dispoziční řešení haly

Prostor multifunkční haly by se dál rozdělit na 2 části:

- sportovní prostor s tribunou;
- administrativní část.

Rozměry části, kde se nachází samotné hřiště a tribuna, jsou z velké části ovlivněny požadavky svazových předpisů pro jednotlivé sporty. V navrhované hale se uvažuje s možnostmi hraní malého fotbalu, tenisu, házené, badmintonu a volejbalu.

Rozměry administrativní části jsou ovlivněny spíše kapacitními požadavky na šatny, hygienické prostory a komunikace.

Podrobné dispoziční řešení viz. výkres č. 3

3.1. Půdorysné rozměry hřišť jednotlivých sportů

Tenis

- rozměry dvorce 23,77 m x 10,97 m
- ochranné zóny 6,4 m na obou stranách po délce dvorce a 3,66 m na obou stranách na šířku dvorce

Volejbal

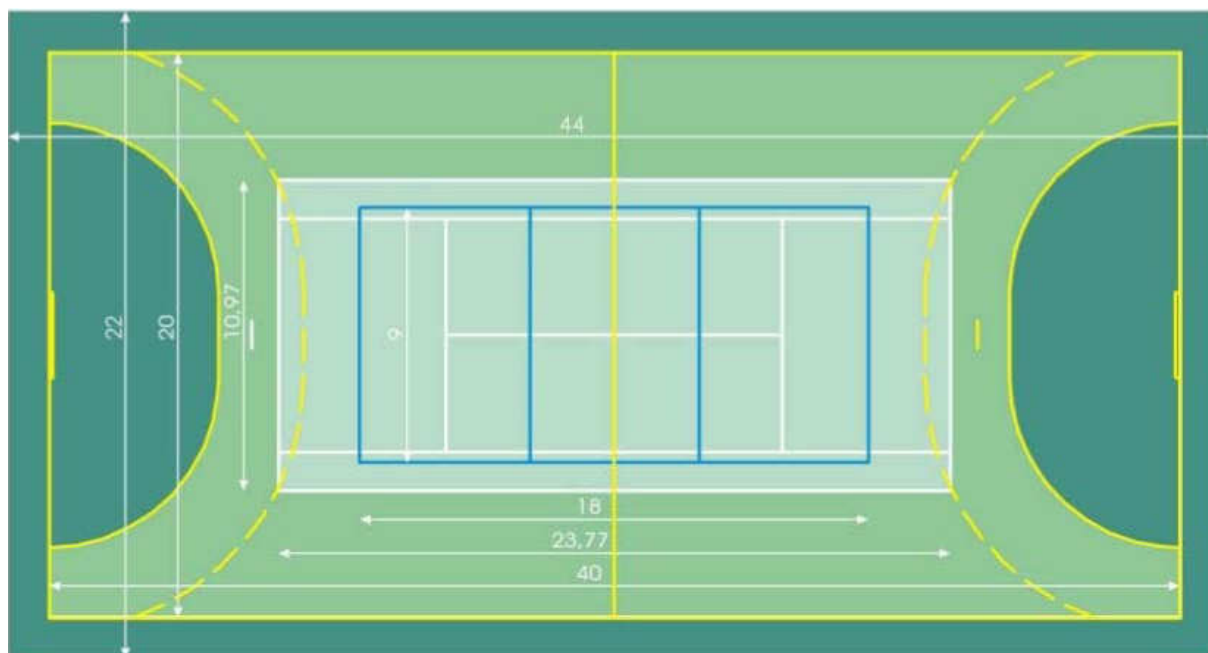
- rozměry hřiště 18 m x 9 m
- ochranné zóny 8 m na obou stranách po délce hřiště a 5 m na obou stranách na šířku hřiště

Badminton

- rozměry hřiště 13,4 m x 6,1 m

Malá kopaná

- dle dispozice haly



Obr. 5 - Rozměry multifunkčního hřiště

3.2. Výškové požadavky na rozměry hřišť jednotlivých sportů

Tenis

- min. 9,14 m

Volejbal

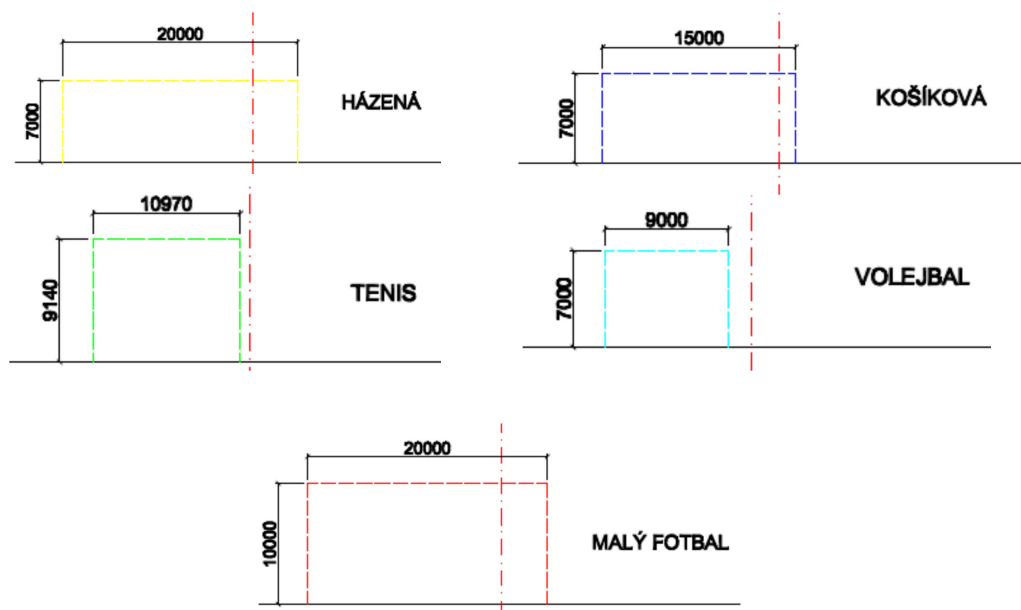
- min. 12,5 m

Badminton

- menší požadavky než na volejbal a tenis

Malá kopaná

- dle dispozice haly



Obr. 6 - Požadavky na min. výšku haly

3.3. Vestavba

Z konstrukčního hlediska se jedná o ocelovou konstrukci, která ale není předmětem návrhu. Zde se budou nacházet šatny pro sportovce s odpovídajícím hygienickým zařízením, klubovna, nářad'ovna, úklidová místnost, WC pro diváky a místnost s technologiemi pro vzduchotechniku a ohřev vody.

V prvním patře vestavby, na střeše, se bude nacházet prostor se stoly pro stolní tenis.

4. Statický výpočet

4.1. Výpočet zatížení

Výpočet zatížení se provádí dle [4].

Osová vzdálenost ráků s 5,50 m

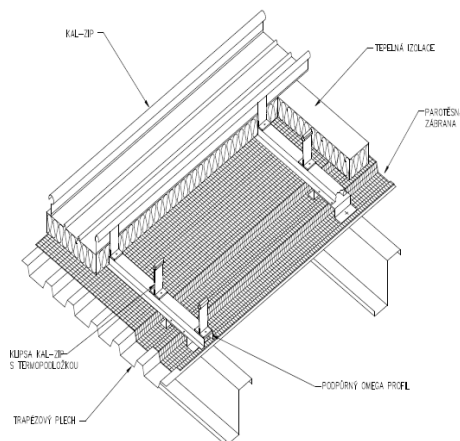
4.1.1. Stálé zatížení

Skladba střechy - pláště

Položka	Parametry [mm]	Hmotnost
Hliníkový plech KALZIP	50 x 429 x 0,9	5 kg/m ²
Tepelná izolace HD AIRROCK	tl. 240	1,145 kN/m ³
Parozábrana - Asfaltové modifikované pásy		1,9 kg/m ²
Trapézový plech	106/250/1,25	16,58 kg/m ²

Zatížení od střechy - pláště

Položka	Plošné zatížení [kN/m ²]
Hliníkový plech KALZIP	0,050
Tepelná izolace HD AIRROCK	0,275
Parozábrana - Asfaltové modifikované pásy	0,019
Trapézový plech	0,166
Σ	0,637



Obr. 7 - Skladba střechy

4.1.2. Užité zatížení

Střecha	q_k [kN/m ²]
Kategorie H	0,75*1,5

4.1.3. Zatížení sněhem

Typ střechy – válcová střecha bez sněžníků

$$\beta \leq 60^\circ \rightarrow \mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b}$$

$$\beta > 60^\circ \rightarrow \mu_3 = 0$$

Parametry

f	4,876 m
h	11,257 m
d	42,156 m

Tvarový součinitel	μ_3	2
Charakteristická hodnota zatížení	s_k	1 kN/m ²
Součinitel expozice	C_e	1
Teplotní součinitel	C_t	1
Vzdálenost rámců	s	5,5 m

Sněhová

Sněhová oblast II ▼

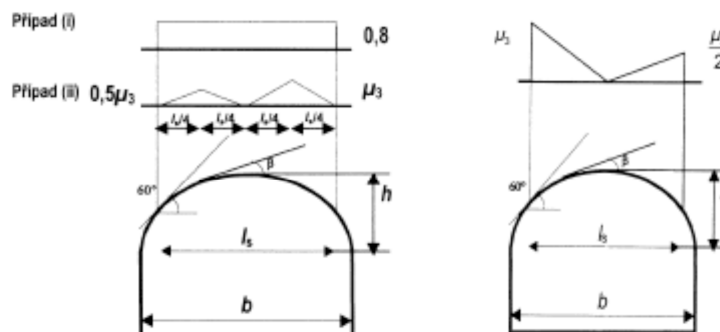
Normální ▼

Typ krajiny	C_e
Otevřená	0,80
Normální	1,00
Chráněná	1,20

Tvarový součinitel		
Úhel sklonu střechy	$\beta \leq 60^\circ$	$\beta > 60^\circ$
μ_3	2	0

Výpočet zatížení

Nenavátý sníh	s_1	2 kN/m ²
Navátý sníh	s_2	1 kN/m ²



Obr. 8 - Zatížení dle ČSN EN 1991-1-3

4.1.4. Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost	$v_{b,0}$	25 ms ⁻¹
Součinitel směru větru	c_{dir}	1,00
Součinitel ročního období	c_{season}	1,00
Základní rychlost větru	v_b	25 ms ⁻¹
Celková výška objektu	z	16,133 m
Parametr drsnosti objektu	z_0	0,05 m
Minimální výška	z_{min}	2 m
Součinitel terénu	k_r	0,190
Součinitel drsnosti	$c_r(z)$	1,098
Součinitel ortografie	$c_0(z)$	1,00
Charakteristická střední	$v_m(z)$	27,439 ms ⁻¹
Součinitel turbulence	k_l	1,00
Intenzita turbulence	$I_v(z)$	0,173
Hustota vzduchu	ρ	1,25 kg/m ³
Maximální dynamický tlak	$q_p(z)$	1,041 kN/m ³

Kategorie terénu
Oblast II

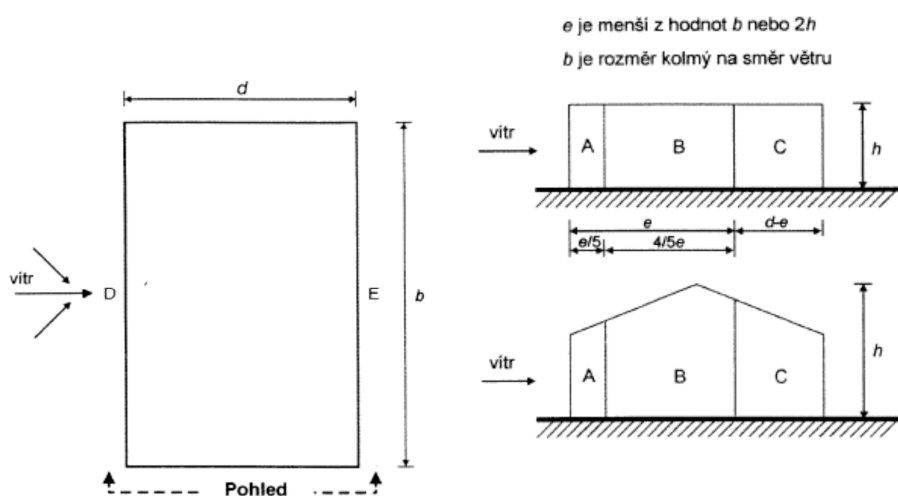
Kategorie terénu II

Oblast I
Oblast
Oblast
Oblast
Oblast

Příčný vítr

Zatížení větru na stěny

h	16,133 m
b	55,000 m
d	42,156 m
e	32,266 m
h/d	0,383



Obr. 9 - Zatížení větru na stěny dle ČSN EN 1991-1-4

Součinitelé vnějšího tlaku

Oblast

A	$C_{pe,10}^A$	-1,2
B	$C_{pe,10}^B$	-0,912
C	$C_{pe,10}^C$	-0,5
D	$C_{pe,10}^D$	0,718
E	$C_{pe,10}^E$	-0,337

Zatížení větru na střechu

Plocha střechy $> 10 \text{ m}^2$ $C_{pe,10}$

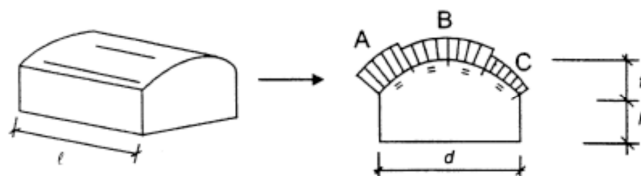
h	4,876 m
d	42,156 m
f	11,257 m
f/d	0,267

h/d 0,116

Součinitelé vnějšího tlaku

Oblast

A	$C_{pe,10}^A$	0,39
B	$C_{pe,10}^B$	-0,967
C	$C_{pe,10}^C$	-0,4



Obr. 10 - Zatížení větru na střeche dle ČSN EN 1991-1-4

Tlak větrů působící na vnější povrchy

Střešní oblasti	w_e^A	0,406 kN/m^2
	w_e^B	-1,006 kN/m^2
	w_e^C	-0,416 kN/m^2
Stěnové oblasti	w_e^D	0,747 kN/m^2
	w_e^E	-0,351 kN/m^2

Podélný vítr

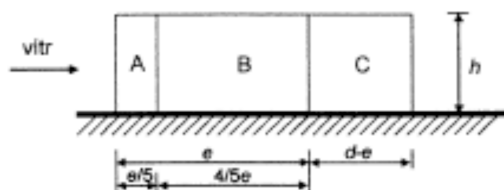
Zatížení větru na stěny

h	16,133 m
b	42,156 m
d	55,000 m
e	32,266 m

h/d 0,293

Součinitelé vnějšího tlaku

Délka	Oblast		
6,45	A	$C_{pe,10}^A$	-1,200
25,81	B	$C_{pe,10}^B$	-0,834
22,73	C	$C_{pe,10}^C$	-0,500
	D	$C_{pe,10}^D$	0,705
	E	$C_{pe,10}^E$	-0,311

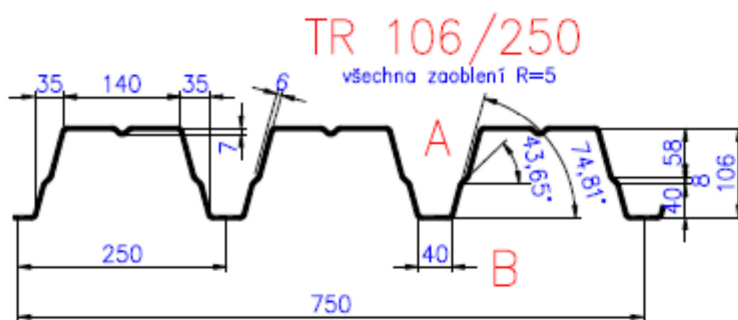


Obr. 11 - Zatížení střechy podélným větrem dle ČSEN EN 1991-1-4

4.2. Posouzení trapézového plechu

Osová vzdálenost ráků s 5,50 m

Položka	Parametry [mm]	Hmotnost
Trapézový plech	106/250/1,25	16,58 kg/m ²



Obr. 12 - Trapézový plech

Únosnost stanovena výrobcem:

pozitivní poloha

MSÚ	q_{Rd}	4,08 kN/m ²	pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 80 mm a krajní podporou šířky 40 mm
MSP	q_{Rk}	2,86 kN/m ²	

negativní poloha

MSÚ	q_{Rd}	3,74 kN/m ²
-----	----------	------------------------

Zatížení

Kombinace s tíhovým zatížením

q_k	2,51 kN/m ²
q_{Ed}	3,69 kN/m ²

Posouzení

q_{Ed}

<

q_{Rd}

VYHOVUJE

Podmínka pro mezní průhyb

q_{Ed}

2,00 kN/m²

$\delta_2 \leq L/200$

q_k

<

q_{Rk}

VYHOVUJE

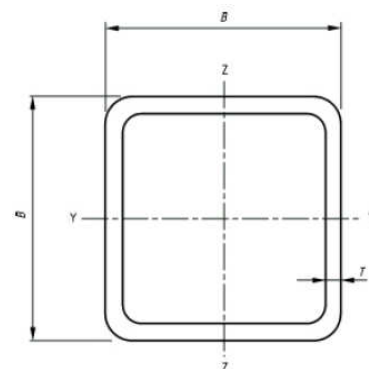
4.3. Návrh a posouzení vaznice

Návrh průřezu

čtvercový uzavřený dutý profil

OK

a	140 mm
t	6 mm
A	31,23 cm ²
m	23,782 kg/m
W_{pl}	155,33 cm ³
r	12 mm
γ_{M0}	1,15
f_y	235 MPa



Třída průřezu

c	116 mm
t	6 mm
ϵ	1

TŘÍDA PRŮŘEZU 1

Únosnost profilu

$M_{pl,Rd}$ 31,741 kNm

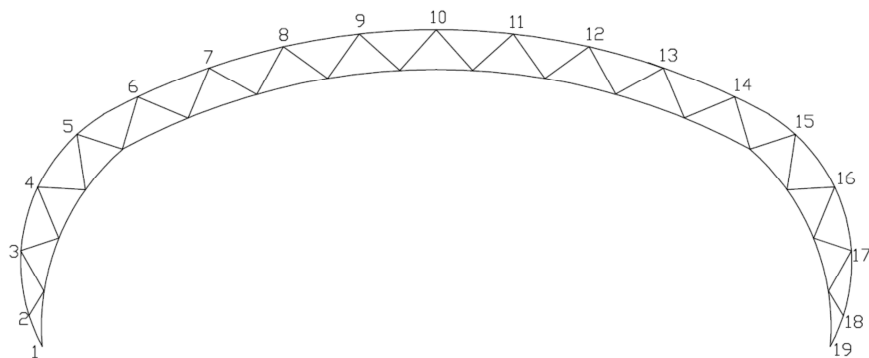
$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

Šikmý ohyb

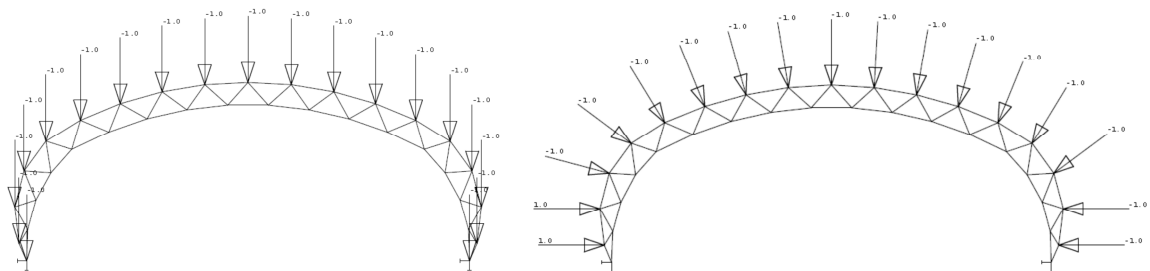
$N_{pl,Rd}$	6,38 kN
N_{Ed}	0 kN
n	0,00
$\alpha = \beta$	1,66

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$

pro pravouhlé duté průřezy: $\alpha = \beta = \frac{166}{1 - 113n^2}$ ale $\alpha = \beta \leq 6$



Obr. 13 - Označení vaznic



a) gravitační zatížení

b) zatížení větrem

Obr. 14 - Zatížení rámu do styčníků

Vaznice	úhel [°]	Zatížení od střešního pláště				Vlastní tíha vaznice		
		q	roznášecí délka	q _y	q _z	m	m _y	m _z
		[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	29	0,429	0,842	0,375	0,208	0,238	0,208	0,115
2	18	1,284	2,519	1,221	0,397	0,238	0,226	0,073
3	4	1,709	3,354	1,705	0,119	0,238	0,237	0,017
4	26	1,709	3,354	1,536	0,749	0,238	0,214	0,104
5	47	1,779	3,49	1,213	1,301	0,238	0,162	0,174
6	65	1,922	3,771	0,812	1,742	0,238	0,101	0,216
7	71	1,992	3,908	0,648	1,883	0,238	0,077	0,225
8	77	1,992	3,909	0,448	1,941	0,238	0,053	0,232
9	84	1,992	3,909	0,208	1,981	0,238	0,025	0,237
10	90	1,994	3,912	0,000	1,994	0,238	0,000	0,238
11	84	1,992	3,909	0,208	1,981	0,238	0,025	0,237
12	77	1,992	3,909	0,448	1,941	0,238	0,053	0,232
13	71	1,992	3,908	0,648	1,883	0,238	0,077	0,225
14	65	1,922	3,771	0,812	1,742	0,238	0,101	0,216
15	47	1,779	3,49	1,213	1,301	0,238	0,162	0,174
16	26	1,709	3,354	1,536	0,749	0,238	0,214	0,104
17	4	1,709	3,354	1,705	0,119	0,238	0,237	0,017
18	18	1,284	2,519	1,221	0,397	0,238	0,226	0,073
19	29	0,429	0,842	0,375	0,208	0,238	0,208	0,115

Vaznice	Délka [m]	Vítr [kN/m]	Sníh [kN/m]	roz.dél. [m]	q _y [kN/m]	q _z [kN/m]
1	5,50	0,605	0,000	0,00	0,000	0,000
2	5,50	1,809	0,000	0,00	0,000	0,000
3	5,50	2,408	0,000	0,00	0,000	0,000
4	5,50	1,361	2,800	1,00	2,517	0,437
5	5,50	1,417	2,800	2,54	1,910	1,857
6	5,50	1,531	2,800	3,35	1,183	3,039
7	5,50	1,586	2,800	3,69	0,912	3,491
8	5,50	-3,934	2,335	3,81	0,525	3,713
9	5,50	-3,934	1,572	3,88	0,164	3,861
10	5,50	-3,937	0,800	3,91	0,000	3,906
11	5,50	-3,934	1,669	3,88	0,174	3,861
12	5,50	-3,934	2,719	3,81	0,612	3,713
13	5,50	-1,627	3,090	3,69	1,006	3,491
14	5,50	-1,570	2,553	3,35	1,079	3,039
15	5,50	-1,453	2,000	2,54	1,364	1,857
16	5,50	-1,396	1,800	1,00	1,618	0,437
17	5,50	-1,045	0,000	0,00	0,000	0,000
18	5,50	-0,785	0,000	0,00	0,000	0,000
19	5,50	-0,262	0,000	0,00	0,000	0,000

	Tlak
	Sání

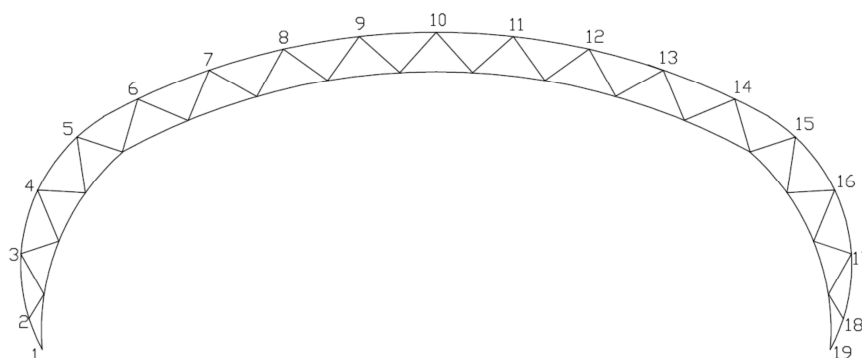
Vaznice	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]		
1	2,206	3,509	0,038	≤1
2	5,472	8,617	0,169	≤1
3	7,344	9,619	0,226	≤1
4	16,133	10,027	0,473	≤1
5	12,420	17,954	0,599	≤1
6	7,925	24,679	0,758	≤1
7	6,191	27,169	0,839	≤1
8	3,883	22,254	0,585	≤1
9	1,503	22,983	0,591	≤1
10	0,000	23,207	0,595	≤1
11	1,541	22,983	0,592	≤1
12	4,210	22,254	0,590	≤1
13	6,549	21,171	0,583	≤1
14	7,531	18,891	0,514	≤1
15	10,357	12,597	0,371	≤1
16	12,734	4,879	0,264	≤1
17	7,344	0,514	0,089	≤1
18	5,472	1,778	0,062	≤1
19	2,206	1,223	0,016	≤1

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (\sum q) \cdot l^2$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,pl,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,pl,Rd}} \right]^\beta \leq 1$$

VYHOVUJE

4.4. Posouzení prutů příhradového oblouku



Obr. 15 - Označení styčníků

Zatížení do styčníků od střešního pláště

styčník	roz.dél.1 [m]	roz.dél.2 [m]	zatížení [kN/m ²]	zatížení [kN]
1	0,842	5,50	0,510	2,36
2	2,519	5,50	0,510	7,06
3	3,354	5,50	0,510	9,40
4	3,354	5,50	0,510	9,40
5	3,49	5,50	0,510	9,78
6	3,771	5,50	0,510	10,57
7	3,908	5,50	0,510	10,95
8	3,909	5,50	0,510	10,96
9	3,909	5,50	0,510	10,96
10	3,912	5,50	0,510	10,96
11	3,909	5,50	0,510	10,956
12	3,909	5,50	0,510	10,956
13	3,908	5,50	0,510	10,953
14	3,771	5,50	0,510	10,569
15	3,49	5,50	0,510	9,782
16	3,354	5,50	0,510	9,401
17	3,354	5,50	0,510	9,401
18	2,519	5,50	0,510	7,060
19	0,842	5,50	0,510	2,360

Zatížení do styčníků od vaznic

styčník	roz.délka [m]	zatížení [kg/m]	zatížení [kN]
1	5,50	23,782	1,31
2	5,50	23,782	1,31
3	5,50	23,782	1,31
4	5,50	23,782	1,31
5	5,50	23,782	1,31
6	5,50	23,782	1,31
7	5,50	23,782	1,31
8	5,50	23,782	1,31
9	5,50	23,782	1,31
10	5,50	23,782	1,31
11	5,50	23,782	1,31
12	5,50	23,782	1,31
13	5,50	23,782	1,31
14	5,50	23,782	1,31
15	5,50	23,782	1,31
16	5,50	23,782	1,31
17	5,50	23,782	1,31
18	5,50	23,782	1,31
19	5,50	23,782	1,31

Zatížení do styčníků od sněhu

Styčník	roz.dél.1 [m]	roz.dél.2 [m]	zatížení [kN/m ²]	zatížení [kN]
4	1,00	5,50	2,800	15,349
5	2,54	5,50	2,800	39,101
6	3,35	5,50	2,800	51,636
7	3,69	5,50	2,800	56,858
8	3,81	5,50	2,335	48,939
9	3,88	5,50	1,572	33,571
10	3,91	5,50	0,800	17,186
11	3,88	5,50	1,669	35,632
12	3,81	5,50	2,719	56,982
13	3,69	5,50	3,090	62,755
14	3,35	5,50	2,553	47,085
15	2,54	5,50	2,000	27,928
16	1,00	5,50	1,800	9,867

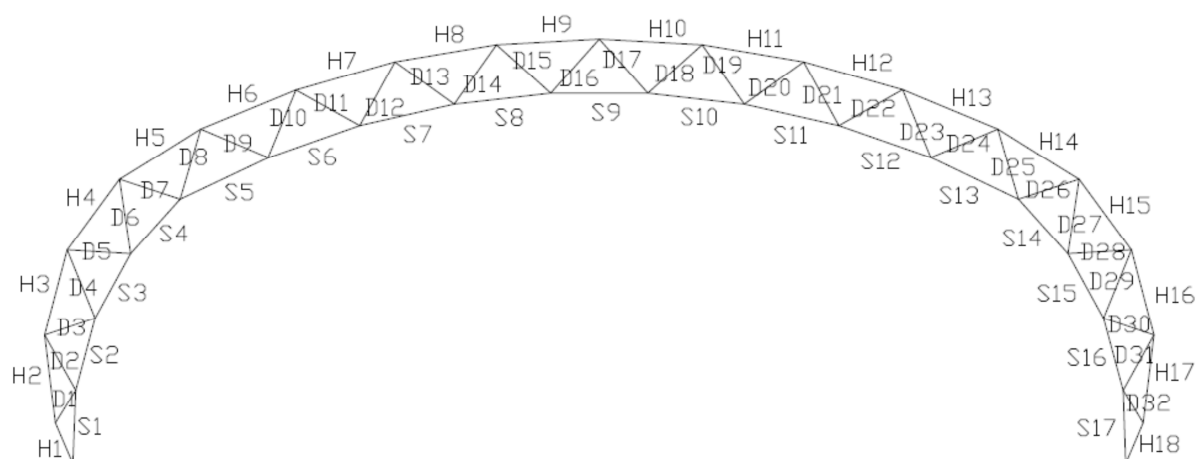
Zatížení do styčníků od příčného větru

Styčník	Délka [m]	Zatížení [kN/m]	zatížení [kN]
1	5,50	0,605	3,325
2	5,50	1,809	9,948
3	5,50	2,408	13,245
4	5,50	1,361	7,488
5	5,50	1,417	7,791
6	5,50	1,531	8,419
7	5,50	1,586	8,724
8	5,50	-3,934	-21,638
9	5,50	-3,934	-21,638
10	5,50	-3,937	-21,654
11	5,50	-3,934	-21,638
12	5,50	-3,934	-21,638
13	5,50	-1,627	-8,948
14	5,50	-1,570	-8,634
15	5,50	-1,453	-7,991
16	5,50	-1,396	-7,680
17	5,50	-1,045	-5,746
18	5,50	-0,785	-4,315
19	5,50	-0,262	-1,442

Zatížení do styčníků od podélného větru

Styčník	Délka [m]	Zatížení [kN/m]	zatížení [kN]
1	5,50	-1,010	-5,557
2	5,50	-3,023	-16,625
3	5,50	-4,025	-22,136
4	5,50	-4,025	-22,136
5	5,50	-4,188	-23,034
6	5,50	-4,525	-24,889
7	5,50	-4,690	-25,793
8	5,50	-4,691	-25,799
9	5,50	-4,691	-25,799
10	5,50	-4,694	-25,819
11	5,50	-4,691	-25,799
12	5,50	-4,691	-25,799
13	5,50	-4,690	-25,793
14	5,50	-4,525	-24,889
15	5,50	-4,188	-23,034
16	5,50	-4,025	-22,136
17	5,50	-4,025	-22,136
18	5,50	-3,023	-16,625
19	5,50	-1,010	-5,557

4.4.1. Posouzení prutů příhradového obloukového nosníku na TAH



Obr. 16 - Označení prutů nosníku

Tah: $N_{t,Rd} = A f_{yd}$

f_y 235 MPa

Diplomová práce

Prut	N _{ed} [kN]	Profil d t	A [mm ²]	f _y [MPa]	N _{t,Rd} [kN]	N _{ed} /N _{t,Rd}	
S1	414,10	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,67	< 1,0
S2	484,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,78	< 1,0
S3	518,30	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,84	< 1,0
S4	543,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,88	< 1,0
S5	469,80	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,76	< 1,0
S6	292,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,47	< 1,0
S7	237,50	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,38	< 1,0
S8	312,40	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,50	< 1,0
S9	338,30	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,55	< 1,0
S10	327,90	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,53	< 1,0
S11	238,90	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,39	< 1,0
S12	81,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,13	< 1,0
S13	123,00	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,20	< 1,0
S14	181,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,29	< 1,0
S15	206,40	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,33	< 1,0
S16	206,80	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,33	< 1,0
S17	182,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,29	< 1,0
H1	450,20	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,73	< 1,0
H2	601,50	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,97	< 1,0
H3	456,80	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,74	< 1,0
H4	356,90	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,58	< 1,0
H5	260,40	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,42	< 1,0
H6	63,00	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,10	< 1,0
H7	111,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,18	< 1,0
H8	237,10	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,38	< 1,0
H9	356,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,57	< 1,0
H10	414,30	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,67	< 1,0
H11	405,60	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,65	< 1,0
H12	334,40	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,54	< 1,0
H13	216,20	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,35	< 1,0
H14	309,00	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,50	< 1,0
H15	388,00	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,63	< 1,0
H16	470,50	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,76	< 1,0
H17	603,50	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,97	< 1,0
H18	451,80	139,7 6,3	2640	235	620,46	0,73	< 1,0
D1	143,50	114,3 5	1717	235	298,86	0,48	< 1,0
D2	79,60	114,3 5	1717	235	298,86	0,27	< 1,0
D3	107,20	114,3 5	1717	235	298,86	0,36	< 1,0
D4	50,40	114,3 5	1717	235	298,86	0,17	< 1,0
D5	108,90	114,3 5	1717	235	298,86	0,36	< 1,0
D6	45,30	114,3 5	1717	235	298,86	0,15	< 1,0
D7	128,70	114,3 5	1717	235	298,86	0,43	< 1,0
D8	172,60	114,3 5	1717	235	298,86	0,58	< 1,0
D9	229,40	114,3 5	1717	235	298,86	0,77	< 1,0

Diplomová práce

D10	155,40	114,3	5	1717	235	298,86	0,52	< 1,0
D11	164,90	114,3	5	1717	235	298,86	0,55	< 1,0
D12	160,70	114,3	5	1717	235	298,86	0,54	< 1,0
D13	95,70	114,3	5	1717	235	298,86	0,32	< 1,0
D14	105,50	114,3	5	1717	235	298,86	0,35	< 1,0
D15	43,90	114,3	5	1717	235	298,86	0,15	< 1,0
D16	59,30	114,3	5	1717	235	298,86	0,20	< 1,0
D17	23,30	114,3	5	1717	235	298,86	0,08	< 1,0
D18	39,60	114,3	5	1717	235	298,86	0,13	< 1,0
D19	16,50	114,3	5	1717	235	298,86	0,06	< 1,0
D20	86,90	114,3	5	1717	235	298,86	0,29	< 1,0
D21	61,20	114,3	5	1717	235	298,86	0,20	< 1,0
D22	172,20	114,3	5	1717	235	298,86	0,58	< 1,0
D23	89,30	114,3	5	1717	235	298,86	0,30	< 1,0
D24	246,20	114,3	5	1717	235	298,86	0,82	< 1,0
D25	112,10	114,3	5	1717	235	298,86	0,38	< 1,0
D26	43,40	114,3	5	1717	235	298,86	0,15	< 1,0
D27	45,90	114,3	5	1717	235	298,86	0,15	< 1,0
D28	33,10	114,3	5	1717	235	298,86	0,11	< 1,0
D29	31,60	114,3	5	1717	235	298,86	0,11	< 1,0
D30	37,40	114,3	5	1717	235	298,86	0,13	< 1,0
D31	37,30	114,3	5	1717	235	298,86	0,12	< 1,0
D32	57,70	114,3	5	1717	235	298,86	0,19	< 1,0

VYHOVUJE

4.4.2. Posouzení prutů příhradového nosníku na TLAK

f_y 235 MPa
 α 0,21
 E 210 GPa

Křivka vpěrnosti a ▼

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} \quad L_{cr} = \beta \cdot L_{teor} \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \text{ cm}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0 \quad \phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

Prut	N _{ed} [kN]	Profil		A [mm ²]	I [mm ⁴]	i [mm]	L _{teor} [mm]	L _{cr} /L	L _{cr} [mm]	λ	λ_1	λ_{rel}	ϕ	χ	N _{b,Rd} [kN]	N _{ed} /N _{b,Rd}	
S1	928,30	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,782	< 1,0
S2	937,90	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,790	< 1,0
S3	843,00	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,710	< 1,0
S4	682,30	219,1	8	5306	29596329	74,69	2807	1,00	2807	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,574	< 1,0
S5	363,50	219,1	8	5306	29596329	74,69	3690	1,00	3690	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,306	< 1,0
S6	17,60	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,015	< 1,0
S7	0,00	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,672	0,916	1187,82	0,000	< 1,0
S8	61,90	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,052	< 1,0
S9	150,40	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,127	< 1,0
S10	177,80	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,150	< 1,0
S11	148,10	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,672	0,916	1187,82	0,125	< 1,0
S12	128,20	219,1	8	5306	29596329	74,69	3689	1,00	3689	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,108	< 1,0
S13	389,90	219,1	8	5306	29596329	74,69	3690	1,00	3690	49,4	93,91	0,526	0,673	0,916	1187,82	0,328	< 1,0
S14	690,00	219,1	8	5306	29596329	74,69	2807	1,00	2807	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,581	< 1,0
S15	841,10	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,708	< 1,0
S16	925,70	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,779	< 1,0
S17	910,70	219,1	8	5306	29596329	74,69	2808	1,00	2808	37,6	93,91	0,400	0,601	0,953	1187,82	0,767	< 1,0
H1	280,80	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	1685	1,00	1685	35,7	93,91	0,380	0,591	0,958	591,11	0,475	< 1,0
H2	365,00	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,617	< 1,0

Diplomová práce

H3	326,90	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,553	< 1,0
H4	316,00	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,535	< 1,0
H5	329,80	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3626	1,00	3626	76,8	93,91	0,818	0,899	0,785	591,11	0,558	< 1,0
H6	269,00	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3911	1,00	3911	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,455	< 1,0
H7	384,00	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3912	1,00	3912	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,650	< 1,0
H8	496,20	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3911	1,00	3911	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,839	< 1,0
H9	554,90	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3912	1,00	3912	82,9	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,939	< 1,0
H10	562,60	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3912	1,00	3912	82,9	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,952	< 1,0
H11	519,20	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3911	1,00	3911	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,878	< 1,0
H12	381,10	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3912	1,00	3912	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,645	< 1,0
H13	119,10	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3911	1,00	3911	82,8	93,91	0,882	0,961	0,746	591,11	0,201	< 1,0
H14	4,50	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3626	1,00	3626	76,8	93,91	0,818	0,899	0,785	591,11	0,008	< 1,0
H15	13,70	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,023	< 1,0
H16	20,70	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,035	< 1,0
H17	45,80	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	3354	1,00	3354	71,0	93,91	0,756	0,845	0,820	591,11	0,077	< 1,0
H18	15,70	139,7	6,3	2640	5886206,12	47,22	1685	1,00	1685	35,7	93,91	0,380	0,591	0,958	591,11	0,027	< 1,0
D1	201,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	1474	1,00	1474	30,9	93,91	0,329	0,568	0,971	473,71	0,426	< 1,0
D2	225,10	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2380	1,00	2380	49,9	93,91	0,532	0,676	0,914	473,71	0,475	< 1,0
D3	82,70	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2023	1,00	2023	42,5	93,91	0,452	0,629	0,939	473,71	0,175	< 1,0
D4	206,70	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2816	1,00	2816	59,1	93,91	0,629	0,743	0,879	473,71	0,436	< 1,0
D5	17,70	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2422	1,00	2422	50,8	93,91	0,541	0,682	0,911	473,71	0,037	< 1,0
D6	234,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2873	1,00	2873	60,3	93,91	0,642	0,752	0,873	473,71	0,495	< 1,0
D7	0,00	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2430	1,00	2430	51,0	93,91	0,543	0,683	0,910	473,71	0,000	< 1,0
D8	372,90	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2776	1,00	2776	58,3	93,91	0,620	0,737	0,882	473,71	0,787	< 1,0
D9	95,20	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2772	1,00	2772	58,2	93,91	0,619	0,736	0,882	473,71	0,201	< 1,0
D10	259,90	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2770	1,00	2770	58,1	93,91	0,619	0,735	0,883	473,71	0,549	< 1,0
D11	130,80	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2769	1,00	2769	58,1	93,91	0,619	0,735	0,883	473,71	0,276	< 1,0
D12	150,40	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2766	1,00	2766	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,317	< 1,0
D13	103,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2766	1,00	2766	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,219	< 1,0
D14	55,00	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2763	1,00	2763	58,0	93,91	0,617	0,734	0,883	473,71	0,116	< 1,0

Diplomová práce

D15	70,70	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2764	1,00	2764	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,149	< 1,0
D16	1,50	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2763	1,00	2763	58,0	93,91	0,617	0,734	0,883	473,71	0,003	< 1,0
D17	39,50	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2763	1,00	2763	58,0	93,91	0,617	0,734	0,883	473,71	0,083	< 1,0
D18	3,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2764	1,00	2764	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,008	< 1,0
D19	45,50	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2763	1,00	2763	58,0	93,91	0,617	0,734	0,883	473,71	0,096	< 1,0
D20	36,90	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2766	1,00	2766	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,078	< 1,0
D21	153,40	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2766	1,00	2766	58,0	93,91	0,618	0,735	0,883	473,71	0,324	< 1,0
D22	76,00	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2769	1,00	2769	58,1	93,91	0,619	0,735	0,883	473,71	0,160	< 1,0
D23	274,90	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2770	1,00	2770	58,1	93,91	0,619	0,735	0,883	473,71	0,580	< 1,0
D24	86,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2772	1,00	2772	58,2	93,91	0,619	0,736	0,882	473,71	0,183	< 1,0
D25	380,40	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2776	1,00	2776	58,3	93,91	0,620	0,737	0,882	473,71	0,803	< 1,0
D26	42,60	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2430	1,00	2430	51,0	93,91	0,543	0,683	0,910	473,71	0,090	< 1,0
D27	226,70	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2873	1,00	2873	60,3	93,91	0,642	0,752	0,873	473,71	0,479	< 1,0
D28	35,40	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2422	1,00	2422	50,8	93,91	0,541	0,682	0,911	473,71	0,075	< 1,0
D29	197,90	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2816	1,00	2816	59,1	93,91	0,629	0,743	0,879	473,71	0,418	< 1,0
D30	90,50	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2023	1,00	2023	42,5	93,91	0,452	0,629	0,939	473,71	0,191	< 1,0
D31	219,00	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	2380	1,00	2380	49,9	93,91	0,532	0,676	0,914	473,71	0,462	< 1,0
D32	202,30	139,7	5	2116	4805412,37	47,66	1474	1,00	1474	30,9	93,91	0,329	0,568	0,971	473,71	0,427	< 1,0

VYHOVUJE

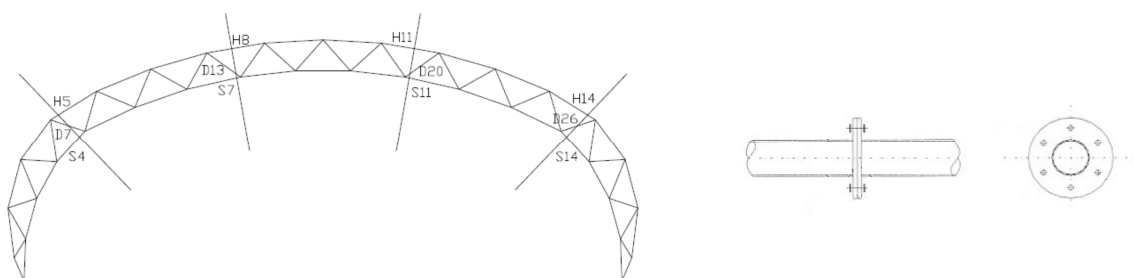
Mezní stav použitelnosti

$$\delta \quad 150 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} \quad 169 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta_{Q,\text{lim}} = \frac{L}{250}$$

4.5. Montážní styk dělených prutů



Obr. 17 - Rozdělení rámu na montážní části a montážní styk horního a dolního pásu

Spoj 1

Horní pás - H5

		Šroub	M	5.6	Počet
a	40 mm	f_{ub}	500 MPa		4
b	45 mm	A_s	245 mm ²		
d	20 mm	γ_{M2}	1,25		
t	20 mm	k_2	0,9		

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e \quad 33,0 \text{ mm}$$

$$t_e = 4,3 (b d^2 / a)^{1/3}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p \quad 1,35$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} \quad 260,40 \text{ kN}$$

Hodnota ohybového momentu při využití plné plastické únosnosti průřezu:

$$M_c = 20,12 \text{ kNm}$$

$$M_c = 2 \cdot N_{tL} \cdot e_c \cdot \frac{1}{8}$$

Minimální tloušťka

$$t_{\min} = 84 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = \sqrt{\frac{6M_c \cdot \gamma_{M0}}{f_y b}}$$

Návrh dle DIN. Přesnější návrh se realizuje dle ČSN EN 1993-1-8.

Posudek

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} \quad n \cdot F_{t,Rd}$$

$$350,8 \text{ kN} < 352,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta = 0,8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$d = 139,7 \text{ mm}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma = 104,887 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

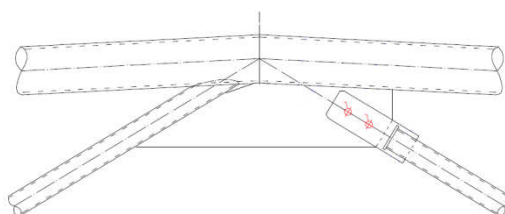
Posudek

$$209,77 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Diagonála – D7



Obr. 18- Montážní přípoj diagonály

Návrh styčnickového plechu

a	250 mm
b	304 mm
tl.	8 mm
N _{ed}	128,7 kN
α	63 °
N _{ed,1}	58,4 kN
N _{ed,2}	114,7 kN
a _w	3 mm
l _{w,1}	227 mm
l _{w,2}	275 mm
β _w	0,8
f _u	360 MPa
γ _{Mw}	1,25

$$A_{\text{svar},1} = 681 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{svar},2} = 825 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{\parallel,1} = 85,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel,2} = 139,0 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} 148,6 \text{ MPa} &< 360 \text{ MPa} \\ 240,7 \text{ MPa} &< 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{A}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Přípoj diagonály na styčnickový plech

N _{ed}	128,7 kN
F _w	64,35 kN
a _w	3 mm
β _w	0,8
f _u	360 MPa
γ _{Mw}	1,25
l _w	105 mm
τ	204,29 MPa

$$\tau_{\parallel,b} = \frac{F_{w,b}}{a_{w,b} L_b} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}}$$

$$\tau_{\parallel} < 207,85 \text{ MPa}$$

SVAR VYHOVUJE

Spodní pás – S4

		Šroub	M	Počet
			24	5.6
a	50 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	55 mm	A_s	353 mm ²	
d	24 mm	γ_{M2}	1,25	
t	20 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e = 36,9 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1,37$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} = 127,08 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} = 543,60 \text{ kN}$$

$$t_e = 4,3 \left(b d^2 / a \right)^{1/3}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2}$$

Posudek

$$\gamma_p * N_{t,d} \quad n * F_{t,Rd}$$

$$743,6 \text{ kN} < 762,48 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta = 0,8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$d = 139,7 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma = 145,971 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$291,94 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Spoj 2

Horní pás – H8

		Šroub	M	Počet
			20	5.6
a	40 mm	f_{ub}	500 MPa	4
b	45 mm	A_s	245 mm ²	
d	20 mm	γ_{M2}	1,25	
t	20 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e \quad 33,0 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p \quad 1,35$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} \quad 88,2 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} \quad 237,10 \text{ kN}$$

Posudek

$$\gamma_p * N_{t,d} \quad n * F_{t,Rd}$$

$$319,4 \text{ kN} < 352,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta \quad 0,8$$

$$f_u \quad 360 \text{ MPa}$$

$$d \quad 139,7 \text{ mm}$$

$$a \quad 4 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma \quad 95,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$191,00 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Diagonála – D13

Návrh styčnickového plechu

tl.	8 mm	
N_{ed}	103,6 kN	
α	84 °	
$N_{ed,1}$	10,8 kN	
$N_{ed,2}$	103,0 kN	
a_w	3 mm	
$l_{w,1}$	40 mm	(min)
$l_{w,2}$	170 mm	(min)
β_w	0,8	
f_u	360 MPa	
γ_{Mw}	1,25	
$A_{svar,1}$	120 mm ²	
$A_{svar,2}$	510 mm ²	
$\tau_{II,1}$	90,2 MPa	
$\tau_{II,2}$	202,0 MPa	$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{A}$

$$\begin{array}{ll} 156,3 \text{ MPa} < \\ 349,9 \text{ MPa} < \end{array} \quad 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

VYHOVUJE

Přípoj diagonály na styčnickový plech

N_{ed}	103,6 kN
F_w	51,8 kN
a_w	3 mm
β_w	0,8
f_u	360 MPa
γ_{Mw}	1,25
l_w	85 mm
τ_{II}	203,14 MPa

$$\tau_{II} < 207,85 \text{ MPa}$$

SVAR VYHOVUJE

Spodní pás – S7

		Šroub	M	Počet
			24	5.6
a	50 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	55 mm	A_s	353 mm ²	
d	24 mm	γ_{M2}	1,25	
t	20 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e \quad 36,9 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p \quad 1,37$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} \quad 127,8 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} \quad 543,6 \text{ kN}$$

Posudek

$$\begin{array}{rcl} \gamma_p * N_{t,d} & n * F_{t,Rd} \\ 743,6 \text{ kN} & < & 762,48 \text{ kN} \end{array}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta \quad 0,8$$

$$f_u \quad 360 \text{ MPa}$$

$$d \quad 139,7 \text{ mm}$$

$$a \quad 6 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma \quad 145,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$291,94 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Spoj 3

Horní pás – H11

		Šroub	M	Počet
			24	5.6
a	50 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	55 mm	A_s	353 mm ²	
d	24 mm	γ_{M2}	1,25	
t	12 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

 t_e 36,9 mm

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

 γ_p 1,42

Únosnost šroubu na tah

 $F_{t,Rd}$ 127,08 kN

Tahová síla v prutu

 $N_{t,d}$ 405,6 kN

Posudek

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} \quad n \cdot F_{t,Rd}$$

$$576,9 \text{ kN} < 762,48 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

 β 0,8 f_u 360 MPa d 139,7 mm a 6 mm $\tau = \sigma$ 130,7 MPa

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

261,39 MPa < 360 MPa

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Diagonála – D19

tl.	8 mm	
N_{ed}	45,5 kN	
α	90 °	
$N_{ed,1}$	0,0 kN	
$N_{ed,2}$	45,5 kN	
a_w	3 mm	
$l_{w,1}$	0 mm	(min)
$l_{w,2}$	75 mm	(min)
β_w	0,8	
f_u	360 MPa	
γ_{Mw}	1,25	
$A_{svar,1}$	120 mm ²	
$A_{svar,2}$	510 mm ²	
$\tau_{II,1}$	0,0 MPa	$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{A}$
$\tau_{II,2}$	202,2 MPa	

$$\begin{array}{lcl}
 0,0 \text{ MPa} & < & 360 \text{ MPa} \\
 350,3 \text{ MPa} & < &
 \end{array}
 \quad
 \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

VYHOVUJE

Přípoj diagonály na styčnickový plech

N_{ed}	45,5 kN
F_w	22,75 kN
a_w	3 mm
β_w	0,8
f_u	360 MPa
γ_{Mw}	1,25
l_w	40 mm
τ_{II}	189,58 MPa
τ_{II}	< 207,85 MPa

$$\tau_{II,b} = \frac{F_{w,b}}{a_{w,b} L_b} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}}$$

SVAR VYHOVUJE

Spodní pás – S11

		Šroub	M	Počet
			16	5.6
a	30 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	35 mm	A_s	157 mm ²	
d	16 mm	γ_{M2}	1,25	
t	20 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e \quad 28,7 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p \quad 1,31$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} \quad 56,52 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} \quad 238,9 \text{ kN}$$

Posudek

$$\gamma_p * N_{t,d} \quad n * F_{t,Rd}$$

$$312,4 \text{ kN} < 339,12 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta \quad 0,8$$

$$f_u \quad 360 \text{ MPa}$$

$$d \quad 139,7 \text{ mm}$$

$$a \quad 6 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma \quad 96,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$192,45 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Spoj 4

Horní pás – H14

		Šroub	M	Počet
			20	5.6
a	40 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	45 mm	A_s	245 mm ²	
d	20 mm	γ_{M2}	1,25	
t	12 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e \quad 33,0 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p \quad 1,43$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} \quad 88,2 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} \quad 309,0 \text{ kN}$$

Posudek

$$\gamma_p * N_{t,d} \quad n * F_{t,Rd}$$

$$440,5 \text{ kN} < 529,2 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta \quad 0,8$$

$$f_u \quad 360 \text{ MPa}$$

$$d \quad 139,7 \text{ mm}$$

$$a \quad 6 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma \quad 124,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$248,92 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

Diagonála – D26

Návrh styčnickového plechu

tl.	8 mm	
N_{ed}	45,9 kN	
α	88 °	
$N_{ed,1}$	1,6 kN	
$N_{ed,2}$	45,9 kN	
a_w	3 mm	
$l_{w,1}$	40 mm	(min)
$l_{w,2}$	80 mm	(min)
β_w	0,8	
f_u	360 MPa	
γ_{Mw}	1,25	
$A_{svar,1}$	120 mm ²	
$A_{svar,2}$	240 mm ²	
$\tau_{II,1}$	13,3 MPa	$\tau_{II} = \frac{F_{II}}{A}$
$\tau_{II,2}$	191,1 MPa	

$$\begin{array}{lcl} 23,1 \text{ MPa} & < & 360 \text{ MPa} \\ 331,1 \text{ MPa} & < & \end{array}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

VYHOVUJE

Přípoj diagonály na styčnickový plech

N_{ed}	45,9 kN
F_w	22,95 kN
a_w	3 mm
β_w	0,8
f_u	360 MPa
γ_{Mw}	1,25
l_w	40 mm
τ_{II}	181,25 MPa

$$\tau_{II} < 207,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II,b} = \frac{F_{w,b}}{a_{w,b} L_b} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}},$$

SVAR VYHOVUJE

Spodní pás – S14

		Šroub	M	Počet
			16	5.6
a	30 mm	f_{ub}	500 MPa	6
b	35 mm	A_s	157 mm ²	
d	16 mm	γ_{M2}	1,25	
t	12 mm	k_2	0,9	

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení

$$t_e = 28,7 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1,43$$

Únosnost šroubu na tah

$$F_{t,Rd} = 56,52 \text{ kN}$$

Tahová síla v prutu

$$N_{t,d} = 181,6 \text{ kN}$$

Posudek

$$\gamma_p \cdot N_{t,d} = 259,7 \text{ kN} < n \cdot F_{t,Rd} = 339,12 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Svar trubky k čelní desce

$$\beta = 0,8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$d = 139,7 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm}$$

$$\tau = \sigma = 89,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell}$$

$$178,8 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

SVAR VYHOVUJE

4.6. Návrh patního plechu

Maximální normálová síla	N_{\max}	519,29 kN
Beton	C 20/25	f_{ck} 20 MPa
		γ_c 1,5
		a 460 mm
Patní plech		b 460 mm
		t_p 20 mm
		f_{yk} 235 MPa
		γ_s 1,15
		f_u 360 MPa

Výška
podlití 40 mm < 80 mm

VYHOVUJE

Pevnost zálivky musí být větší než pevnost patky

Rozměry patky	A	500 mm
	B	500 mm
	h	500 mm

Započítatelné rozměry

patky	$a_l = \min (A_{patky}; 5 \cdot a; a + h_{patky}; 5 \cdot b)$	a_l 500 mm
	$b_l = \min (B_{patky}; 5 \cdot b; b + h_{patky}; 5 \cdot a)$	b_l 500 mm

Součinitel koncentrace
napětí

k_j	1,17	$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}}$
-------	------	--

Návrhová pevnost betonu

β_j	0,67	
f_{jd}	10,36 MPa	$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$

Přesah patního plechu

c	51 mm	$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}}$
-----	-------	---

Efektivní plocha patního
plechu

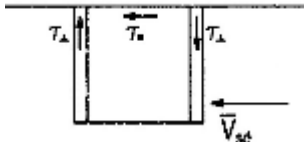
φ	219,1 mm	
A_{eff}	5,74E+04 mm ²	$A_{eff} \geq N_{sd} / f_{jd}$

Návrhová únosnost patky na tlak

$N_{Rd} \ 594,91 \text{ kN} > N_{\max} \ 519,29 \text{ kN}$

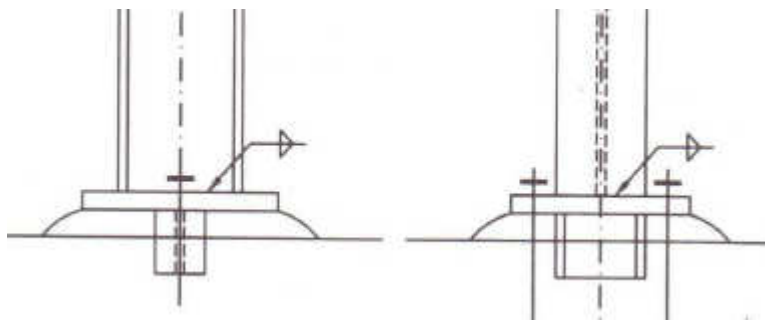
VYHOVUJE

Přenos posouvající síly – je zajištěn pomocí smykové zarážky tvořené z odpalku profilu HEB 120. Pouze při tlakovém působení se smyk částečně přenesse třením. Při tahovém působení musíme najít nejnepříznivější poměr normálové a smykové síly.

Profil zarážky	HEB 120	V_{sd}	123 kN	
		l	120 mm	
		t_f	10 mm	
Minimální výška zarážky		h_{min}	128,125 mm	$h_{min} = \frac{V_{sd}}{\ell f_{Cd}}$
		h	129 mm	
Výška svaru		a	4 mm	
Napětí ve svaru		β_w	0,8	$\tau_{II} = \frac{V_{sd}}{2 a (h - 2 t_f)}$ $\frac{V_{sd} \cdot 65}{(h - 2 t_f) 2 a b}$
		τ_1	153,8 MPa	
		$f_{,d}$	173,2 MPa	
		τ_2	117,9 MPa	

$$\tau_{1,2} < f_{,d}$$

;**SVAR VYHOVUJE**



Obr. 19 - Kloubová patka

4.7. Posouzení kotev

Tahová - max	N_{sd}	144,4 kN
Kotva M27	A_s	459 mm ²
	d_h	41 mm
	d	27 mm
	f_{yb}	300 MPa
	f_{ub}	500 MPa
	γ_{Mb}	1,25
Počet kotev	n	2 ks

Únosnost dřívku šroubu

$$F_{v,Rd} = 110,16 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

VYHOVUJE

$$F_{v,Rd} \leq \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

Přetržení šroubu

$$N_{sd} \leq N_{Rd,S} = n \cdot F_{v,Rd}$$

VYHOVUJE

Vytržení šroubu

$$\rho_k = 132$$

$$\rho_k = 11 \cdot f_{ck}$$

$$A_h = 747,70 \text{ mm}^2$$

$$A_h = \pi \cdot \frac{(d_h^2 - d^2)}{4}$$

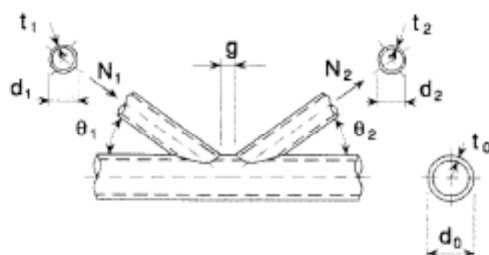
$$N_{Rd,p} = 78,96 \text{ kN}$$

$$N_{sd} \leq N_{Rd,p}$$

VYHOVUJE

Při podrobném návrhu je nutné dále posoudit vytržení kužele betonu a roztržení betonu.

4.8. Posouzení přípojů diagonály



Obr. 20 – Styčnick typu K

Ověření geometrických podmínek pro styčnick v montážním spoji 1

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} \leq 50$$

VYHOVUJE

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} \leq 50$$

VYHOVUJE

$$g \geq t_1 + t_2$$

VYHOVUJE

g 17,5 mm

Normálová síla

N_{ed} 380,40 kN

Délka svaru

c 208 mm

α 51 °

d 139,7 mm

l 552 mm

Návrhová smyková pevnost svaru

$f_{vw,d}$ 261,7 MPa

f_u 510 MPa

β_w 0,9

γ_{M2} 1,25

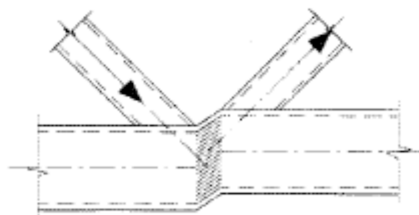
Únosnost svaru

a 4 mm

$F_{w,Rd}$ 578,1 MPa

VYHOVUJE

4.9. Posouzení pásů na smyk a prolomení



Obr. 21 - Porušení pásu

Únosnost na prolomení pásu

k_g	2,2	$k_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5g/t_0 - 1,33)} \right)$
k_p	0,74	$k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$
γ_{M5}	1	
g	10 mm	
γ	14	
$N_{ed,s14}$	690,00 kN	
$\sigma_{0,Ed}$	130,05 MPa	
n_p	0,55	
α	51 °	

Únosnost pro tlačnou diagonálu

$$N_{Rd} = 37003,63 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{M5}$$

$$N_{ed,s14} < N_{Rd}$$

VYHOVUJE

Únosnost na porušení smykem

$$N_{1,Rd} = 831,7 \text{ kN}$$

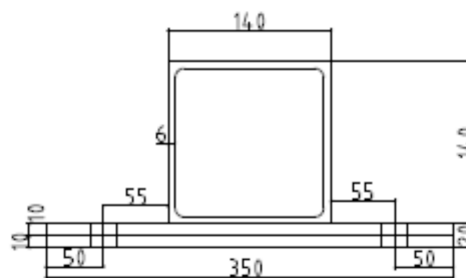
$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \pi d_l \frac{1 + \sin \theta_l}{2 \sin^2 \theta_l} / \gamma_{M5}$$

VYHOVUJE

4.10. Přípoj vaznice

Svar čtvercové trubky k desce

TR 140x140/6



a_w	3 mm
l_w	140 mm
počet svarů	2
I_y	1,37E+06 mm ⁴
z	70 mm
W_y	1,96E+04 mm ³
V_{Sd}	25,7 kN
e	140 mm
σ_M	183,6 MPa
σ_l	129,8 MPa
f_u	360 MPa
β_w	0,8
γ_M	1,25

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

VYHOVUJE

Styčnickový plech

počet svarů	2
V_{Sd}	25,7 kN
l_w	300 mm
a_w	3 mm
τ	14,3 MPa

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

VYHOVUJE

Šroubový spoj desek

pevnostní třída šroubů	5.6	M20
α_v	0,6	
počet šroubů	2	
f_{ub}	500 MPa	
d	20 mm	
A	245 mm ²	
γ_{M2}	1,25	

$$\begin{array}{ll} V_{Sd} & 25,7 \text{ kN} \\ F_{v,Rd} & 58,8 \text{ kN} \end{array}$$

$$F_{v,Rd} \leq \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

VYHOVUJE

4.11. Návrh sloupku štítové stěny

Při návrhu sloupku štítové stěny rozhoduje střední sloupek.

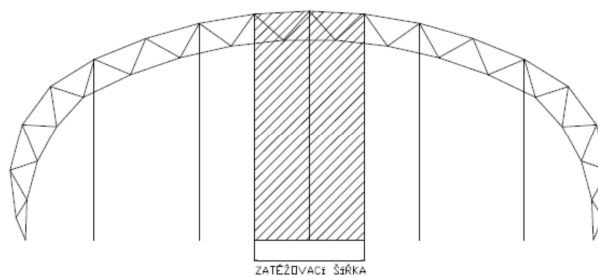
osová vzdálenost	s	7,76 m
	h	16,133 m
zatížení	tlak	8,54 kN/m
	sání	-3,77 kN/m

Max. ohybový moment	$M_{Sd-tlak}$	277,87 kNm
	$M_{Sd-sání}$	-122,76 kNm

Návrh:

IPE 550

m	105,5 kg/m
I_y	6,71E+08 mm ⁴
$W_{pl,y}$	2,79E+06 mm ³
I_z	2,67E+07 mm ⁴
I_t	1,23E+06 mm ⁴
I_w	1,88E+12 mm ⁶
f_y	235 MPa
E	210 GPa
G	81 GPa



Třída průřezu:

d	467,6	mm
t_w	11,1	mm
42,1261	<	72
TŘÍDA PRŮŘEZU 1		

$$c/t \leq 72\varepsilon$$

Tlak větru

$$M_{pl,Rd} \quad 569,52 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd-tlak} < M_{pl,Rd}$$

VYHOVUJE

Sání větru

$$C_1 \quad 1,23$$

$$k_z \quad 1$$

$$k_w \quad 0,7$$

$$k_{wt} \quad 0,554$$

$$\mu_{cr} \quad 1,41$$

$$M_{cr} \quad 204,7 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} \quad 1,79$$

$$\chi_{LT} \quad 0,245 \text{ dle tab.}$$

$$M_{b,Rd} \quad 139,53 \text{ kNm}$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$$

křivka a

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd}$$

$$M_{Sd-sání} < M_{b,Rd}$$

VYHOVUJE

4.12. Příčné střešní ztužidlo

Při návrhu budeme počítat jen s taženými diagonálami – tlačené budeme uvažovat za vybočené.

Zatížení reakcemi sloupků stěny

$$l_1 \quad 7,8 \text{ m}$$

$$l_2 \quad 7,4 \text{ m}$$

$$l_3 \quad 4,8 \text{ m}$$

$$h_1 \quad 16,133 \text{ m}$$

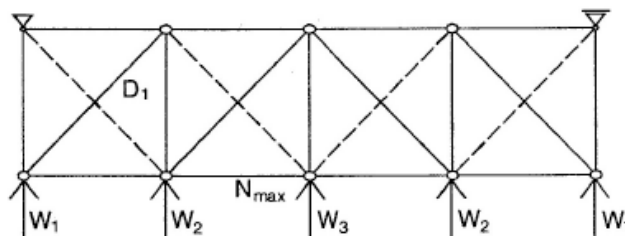
$$h_2 \quad 15,269 \text{ m}$$

$$h_3 \quad 12,722 \text{ m}$$

$$W_{1,Sd} \quad 20,4 \text{ kN}$$

$$W_{2,Sd} \quad 18,3 \text{ kN}$$

$$W_{3,Sd} \quad 9,9 \text{ kN}$$



Pro přesný výpočet se má uvažovat také se třením větru o plášť objektu.

Vnitřní síly

Reakce	R_{Ed}	38,41 kN
Diagonála	D_1	40,32 kN
Pás	N_{max}	38,00 kN

Diagonála

Návrh T18

d	18	mm
A_s	254,5	mm ²
f_y	235	MPa
$N_{pl,Rd}$	52,0	kN

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{ed} < N_{pl,Rd}$$

VYHOVUJE

Přípoj do styčníku

Svar

$F_{w,b}$	20,16 kN
a_w	3 mm
l_w	40 mm
$\tau_{II,b}$	168,01 MPa
β_w	0,8
f_u	360 MPa
γ_{Mw}	1,25

$$\tau_{II,b} = \frac{F_{w,b}}{a_{w,b} L_b} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}},$$

$$291,00 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}}$$

Šroubový přípoj

Posouzení na smyk je již navrhnut návrhu vaznice.

Otlačení

e_1	40 mm
e_2	40 mm
d_0	30 mm
α_b	0,44
k_1	2,03
t	10
$F_{b,Rd}$	52,05 kN

Počet šroubů 1 ks

Únosnost plechu v tahu

a	110 mm
b	80 mm
$N_{pl,Rd}$	1798,26 kN

$$N_{ed} < N_{pl,Rd}$$

VYHOVUJE

Únosnost oslabeného plechu v tahu

$$N_{u,rd} = 129,6 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \beta_2 \cdot A_{net} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$N_{ed} < N_{u,rd}$$

VYHOVUJE

4.13. Podélné ztužení

Zatížení větrem na štíty od podélného větru

návětrná strana	
$F_{1,Ed}$	33,85 kN
závětrná strana	
$F_{2,Ed}$	14,95 kN

Návrh TR 76,1x3

d	76,1 mm
t	3 mm
l	6442 mm
A	688,95 mm ²
I	460960,9314 mm ⁴
i	25,86650827 mm
L _{cr,y}	2898,9 mm
L _{cr,z}	3221 mm
λ	124,5
f _y	235 MPa
E	210 GPa
λ ₁	93,9
λ _{rel}	1,326
φ	1,50
χ	0,46
N _{b,Rd}	64,19 kN

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

$$N_{ed} < N_{b,Rd}$$

VYHOVUJE

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1} \quad \phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

5. Závěr

V současné době, kdy existuje celá řada programů pro projektování konstrukcí, se žádný tvar konstrukce nezdá nereálný. Kvantita funkcí a posudků, které nám tyto programy nabízejí, zrychlují proces navrhování konstrukcí neskutečnou rychlostí. I přesto byl celý návrh ocelové konstrukce v této diplomové práci prováděn v rovině. Omezená znalost, ale také finanční nákladnost těchto programů nám často neumožňuje jejich využití.

V posledních letech upřednostňování designu a přiznávání nosné konstrukce nejen v oceli, ale také u dřevěných a betonových konstrukcí nám dodává jakousi surovost objektu. Obnažená ocelová konstrukce haly nám ukazuje krásu oceli jako stavebního materiálu.

6. Seznam použitých pramenů

Knihy

- [1] MACHÁČEK J, STUDNIČKA J, *Ocelové konstrukce 2*, ČVUT, Praha, ISBN 80-01-03174-8
- [2] ČSN EN 1993 – *Navrhování ocelových konstrukcí*
- [3] ČSN EN 1990 – *Zásady navrhování konstrukcí*
- [4] ČSN EN 1991 – *Zatížení konstrukcí*
- [5] WALD, F., SOKOL, S.: *Navrhování styčníků*

Internet

- [6] Stránky ČVUT
< <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK3/OK3-9z.pdf> >

7. Seznam obrázků

Obr. 1 - Statika oblouku [6]	5
Obr. 2 - Rovinná soustava – rámová [6]	5
Obr. 3 - Schéma umístění ztužidel ve střeše	7
Obr. 4 - Příklady rámových příčných vazeb	8
Obr. 5 - Rozměry multifunkčního hřiště	11
Obr. 6 - Požadavky na min. výšku haly	12
Obr. 7 - Skladba střechy	13
Obr. 8 - Zatížení dle ČSN EN 1991-1-3.....	15
Obr. 9 - Zatížení větru na stěny dle ČSN EN 1991-1-4	16
Obr. 10 - Zatížení větru na střechu dle ČSN EN 1991-1-4	17
Obr. 11 - Zatížení střechy podélným větrem dle ČSEN EN 1991-1-4	18
Obr. 12 - Trapézový plech.....	18
Obr. 13 - Označení vaznic.....	20
Obr. 14 - Zatížení rámu do styčníků	20
Obr. 15 - Označení styčníků.....	22
Obr. 16 - Označení prutů nosníku	24
Obr. 17 - Rozdělení rámu na montážní části a montážní styk horního a dolního pásu.....	30
Obr. 18- Montážní přípoj diagonály.....	31
Obr. 19 - Kloubová patka	44
Obr. 20 – Styčník typu K	46
Obr. 21 - Porušení pásu	47

8. Seznam příloh

Příloha č. 1 Vizualizace konstrukce haly

9. Seznam výkresové části

Výkres č. 1	Příčný řez	M 1:100
Výkres č.2	Půdorys střechy	M 1:100
Výkres č. 3	Dispozice	M 1:100
Výkres č. 4	Detaily	M 1:10
Výkres č. 5	Výkres výrobní dokumentace části 1;5	M 1:10
Výkres č. 6	Výkres výrobní dokumentace části 2;4	M 1:10
Výkres č. 7	Výkres výrobní dokumentace části 3	M 1:10

Příloha č. 1 – Vizualizace konstrukce haly

